

На правах рукописи

СОЛОДОВНИКОВ

Антон Николаевич

**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ СМЕНЫ ЛЕСНЫХ  
БИОГЕОЦЕНОЗОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В  
УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ**

03.02.08 – экология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук

Петрозаводск - 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте леса Карельского научного центра Российской академии наук

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
**Федорец Наталия Глебовна**

Официальные оппоненты: **Рожков Вячеслав Александрович**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
чл.-корр. РАСХН, Государственное научное  
учреждение Почвенный институт  
им. В.В. Докучаева Российской академии  
сельскохозяйственных наук, гл. науч. сотр.

**Кузнецова Лариса Анатольевна**,  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Петрозаводский государственный университет,  
доцент кафедры агрономии землеустройства и  
кадастров

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Центр по проблемам экологии  
и продуктивности лесов Российской академии  
наук (ЦЭПЛ РАН)

Защита состоится «30» апреля 2014г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.190.01 при Петрозаводском государственном университете по адресу: 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33, эколого-биологический факультет, тел., факс: 8(8142)763864.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Петрозаводского государственного университета [www.petrso.ru](http://www.petrso.ru), с авторефератом - на сайтах <http://vak.ed.gov.ru/> и [www.petrso.ru](http://www.petrso.ru).

Автореферат разослан: « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
канд. биол. наук



Дзюбук И.М.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В Карелии, где более 85% территории относится к лесному фонду, применение методов рационального природопользования является особо приоритетным. Промышленная заготовка еловой и сосновой древесины в регионе приводит к новым сукцессиям, часто с большим участием лиственных пород, в основном, березы и осины. Особенности почв и почвенного покрова среднетаежной подзоны определяют условия развития лесных экосистем, изучение которых является актуальной задачей. Приобретающая все большее значение кадастровая оценка лесов придает дополнительную ценность знаниям о роли сукцессий в формировании плодородия почв в различных типах местообитаний. Проводимые ранее в Карелии работы касались экологических свойств почв в хвойных и лиственных биоценозах, сформировавшихся в моренных ландшафтах, тогда как свойства почв тяжелого гранулометрического состава являются почти не изученными. В отношении экологических свойств почв осинников планомерных исследований также не проводилось.

**Цели и задачи исследования.** Целью данной работы являлось изучение влияния на экологические особенности почв, сформировавшихся на почвообразующих породах разного гранулометрического состава, антропогенной смены хвойных биогеоценозов лиственными в среднетаежной подзоне Карелии.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи.

1. Изучить морфологические свойства, химические и физико-химические характеристики почв, сформировавшихся на почвообразующих породах тяжелого и легкого гранулометрического состава под березовыми, осиновыми и еловыми древостоями.
2. Дать характеристику почв под березовыми и осиновыми древостоями в сравнении с еловыми.
3. Изучить пространственную вариабельность физико-химических и химических показателей почв в березовых, осиновых и еловых биогеоценозах.
4. Сравнить содержание и запасы элементов минерального питания в почвах лиственных и еловых биоценозов.
5. Выявить особенности и определить наиболее характерные показатели взаимосвязи лиственных и хвойных пород с почвой.

**Научная новизна.** В результате проведенных исследований дополнены и систематизированы данные по экологическим свойствам почв легкого гранулометрического состава, исследованы свойства почв тяжелого гранулометрического состава под лиственными и хвойными биоценозами. Выявлен набор почвенных показателей, наиболее подверженных влиянию

сукцессионной смены породы древостоя. Построены уравнения связи почвенных характеристик с лесообразующей породой древостоя.

**Практическая значимость работы.** Полученные данные могут использоваться при проведении работ по кадастровой оценке земель под хвойными и лиственными древостоями и планировании лесохозяйственных мероприятий.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались на международной конференции студентов и аспирантов "Ломоносов-2002" (Москва 2002); международной конференции «Экологические функции лесных почв в естественных и антропогенно-нарушенных ландшафтах» (Петрозаводск, 2005); международной конференции «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты» (С-Пб, 2007); международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов – 2008» (Москва, 2008); на VI съезде Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Петрозаводск, 2012).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе, 2 в издании, рекомендованном ВАК.

**Структура и объем диссертации:** Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы. Работа изложена на 125 страницах текста, содержит 15 таблиц, 33 рисунка. Список литературы включает в себя 150 источников, из них – 16 зарубежных.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность всем сотрудникам Института леса, оказавшим научную и моральную поддержку в работе над диссертацией и отдельно д.с.-х.н Н.Г. Федорец за научное руководство.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №00-04-49073.*

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Обзор литературы

В главе, на основе литературных данных, дается обзор проведенных ранее исследований, касающихся роли почв в лесных экосистемах, питательном режиме древесных растений, форм питательных веществ в почве и факторах, влияющих на их содержание. Рассматривается влияние полога различных древесных пород на химический состав атмосферных осадков, и их вклад в формирование питательного режима экосистем. Отмечается воздействие древесной растительности на гидротермический режим почв и почвенного покрова, состав растительного опада и скорость его разложения, бактериальную микрофлору. Обобщаются особенности и тенденции в сукцессионной смене пород, возникающей в результате рубок

хвойных лесов. Анализируются литературные данные по различию в физических, химических, биологических свойствах почв под разными биоценозами.

## **Глава 2. Природные особенности региона исследований**

В главе представлены всесторонние природно-географические данные по Республике Карелия, как региону исследования. Дана геологическая характеристика региона: типы коренных и четвертичных пород, их генезис, минералогический состав и области распространения. Описываются основные формы рельефа и их генезис. Дается подробная характеристика климата региона, описание основных видов растительности, в том числе основных лесобразующих пород. Приводится характеристика почвенного покрова Карелии, основных типов почв и особенности их распространения.

## **Глава 3. Объекты и методы.**

### *3.1 Объекты.*

Исследования проводились в среднетаежной подзоне Республики Карелия на подобранных по материалам лесоустройства стационарных пробных площадях в Кондопожском и Пряжинском районах.

1. Березняк злаково-разнотравный (10Б+С, 60 лет, I класс бонитета), почва: подзолистая иллювиально-гумусово-железистая супесчаная на суглинках, переходящих в ленточные глины\*;
2. Осинник злаково-разнотравный (10Ос+Б, 50 лет, Ia класс бонитета), почва: элювиально-поверхностно-глееватая глинистая на ленточных глинах;
3. Березняк чернично-разнотравный (8Б2Ос, 60 лет, II класс бонитета), почва: подзолистая песчаная на супесчаной морене;
4. Осинник злаково-черничный (7Ос3Б, 60 лет, II класс бонитета), почва: подзолистая супесчаная на супесчаной морене;
5. Ельник черничный (8Е1С1Б, 140 лет, III класс бонитета), почва: элювиально-поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая на ленточных глинах (Пространственная изменчивость почв., 2002).
6. Ельник черничный, (8Е2Б, 50 лет, IV класс бонитета), почва: подзолистая иллювиально-гумусово-железистая супесчаная на супесчаной морене (Морозова Р.М. и др., 1971).

\*Названия почв даны по региональной классификации (Морозова Р.М., 1991).

### *3.2 Методы.*

На всех пробных площадях заложены полнопрофильные почвенные разрезы, проведено морфологическое описание профилей, по генетическим горизонтам отобраны почвенные образцы. Сотрудниками Института леса КарНЦ РАН Ю.В. Преснухиным, О.А.Рудковской и В.В. Тимофеевой выполнено таксационное описание древостоя и описание напочвенной растительности.

Проведены следующие анализы почвы: гранулометрический (методом Качинского), определение величины  $pH(KCl)$  и  $pH(H_2O)$  (потенциометрическим методом), гидролитической кислотности (ГК) (методом Каппена), суммы поглощенных оснований (S) (методом Каппена-Гильковица), содержание подвижных соединений фосфора и калия ( $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) (методом Кирсанова), количество углерода (C) (методом Тюринга) и валового содержания азота (N) (методом Кьельдаля).

Исследование парцеллярного строения растительного покрова и пространственной вариабельности почвенных характеристик почв лиственных лесов проводили траншейным методом (Морозова Р.М., Федоренко Н.Г, 1992).

#### Глава 4. Характеристика почв исследуемых биоценозов.

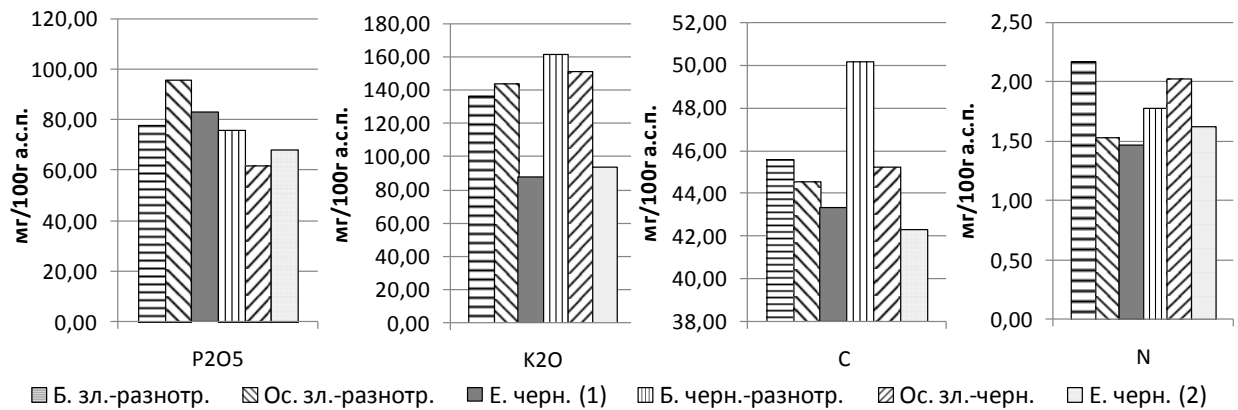
В главе приводится подробное описание свойств почв исследованных биоценозов, анализируется изменение химических и физико-химических параметров по профилю. Проводится сравнительный анализ двух групп биогеоценозов: к первой группе относятся биогеоценозы, почвы которых, сформировались на ленточных глинах, ко второй – почвы, сформировавшиеся на супесчаной морене. В каждой из групп присутствуют березовые, осиновые и еловые древостои. Также сравниваются почвенные характеристики в лиственных и еловых биоценозах.

Анализ почвенных данных показал, что в лесных подстилках почв, сформировавшихся на ленточных глинах, уровень кислотности выше в хвойных лесах, тогда как в подстилках лиственных и хвойных древостоев, почвы которых сформировались на супесчаной морене, значимых различий в уровне почвенной кислотности подстилок не отмечено (рис. 1).



Рис. 1. Распределение pH водной вытяжки по профилям почв

В лесных подстилках лиственных биогеоценозов содержание углерода, азота и подвижных соединений калия больше, чем в еловых, как на супесчаной морене, так и на ленточных глинах (рис. 2). В подстилках почв легкого гранулометрического состава лиственных насаждений содержится на 5% больше углерода и на 10% больше подвижных соединений калия, чем в подстилках почв тяжелого гранулометрического состава. Однако более высокие показатели содержания фосфора выявлены в подстилках почв тяжелого гранулометрического состава.



(1) - Ельник черничный, почва: элювиально-поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая на ленточных глинах. (2) - Ельник черничный, почва: подзолистая иллювиально-гумусово-железистая песчаная на песчаной морене.

Рис. 2. Содержание элементов минерального питания в лесных подстилках.

Установлено, что минеральные горизонты (особенно подзолистые) почв, сформировавшихся на ленточных глинах, в значительно большей степени обогащены углеродом (в 3 раза), калием (в 12 раз) и фосфором (в 30 раз), чем почв, сформировавшихся на супесчаной морене.

Органогенные горизонты почв лиственных лесов, содержащие большое количество свежего слаборазложившегося растительного опада, накапливают больше фульвокислот, тогда как в подподстилочных минеральных горизонтах накапливаются гуминовые кислоты (рис. 3).

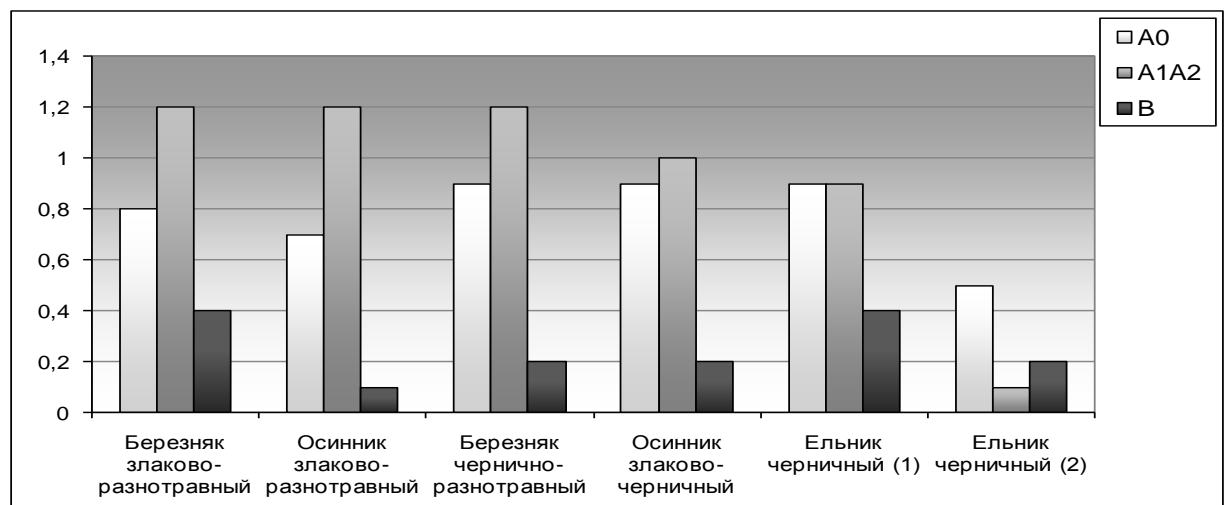


Рис. 3. Отношение гуминовых и фульвокислот (ГК/ФК) в почвах под различными типами леса

Высокая интенсивность минерализации органического вещества в подстилках почв под лиственными лесами обусловлена более низким, по сравнению с хвойными лесами, содержанием воско-смол и обогащенностью растительного опада азотом (Казимиров Н.И, Морозова Р.М., 1973).

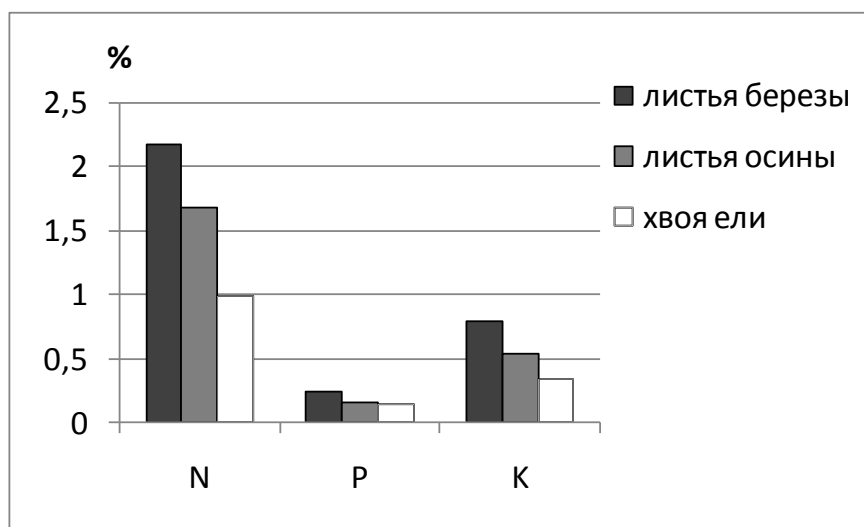


Рис. 2. Относительное содержание химических элементов в хвое и листьях по сравнению с весом сухого вещества (Морозова Р.М., 1991)

В почвах под лиственными лесами накопление гумуса приобретает фульватно-гуматный характер, что улучшает их лесорастительные свойства. В горизонтах A1A2 и B почв лиственных лесов в составе гуминовых и фульвокислот появляются фракции, связанные с кальцием, что также благоприятно сказывается на физико-химических свойствах почвы и ее плодородии (рис. 4).

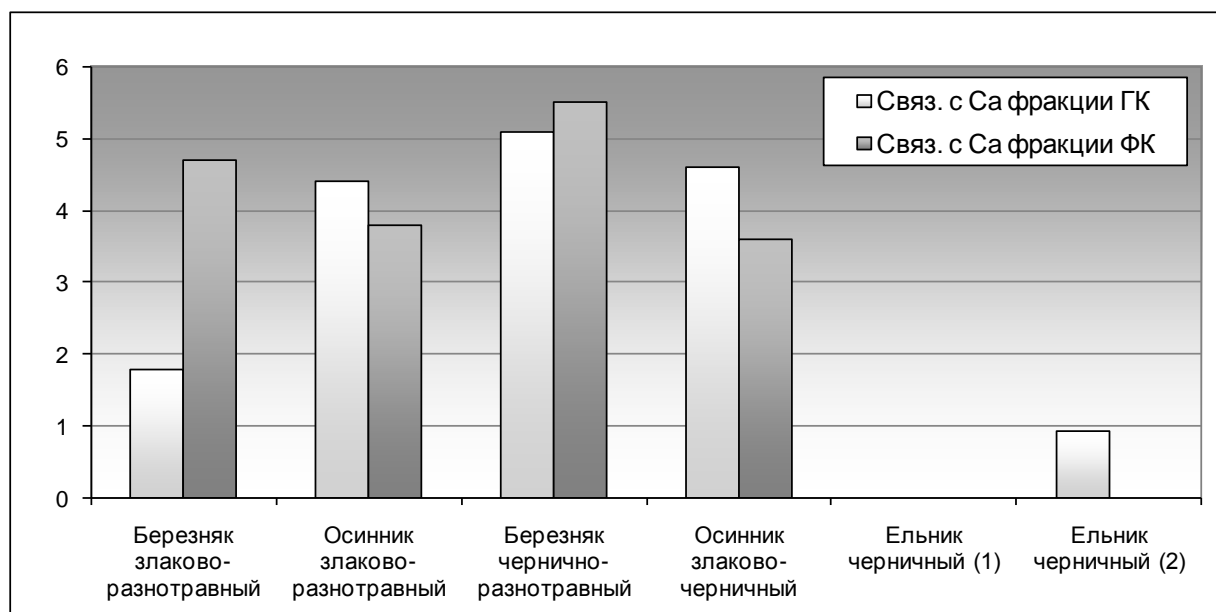


Рис. 4. Влияние типа леса на содержание в почвах связанных с Са фракций гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) в горизонте A1A2 (% от общего содержания углерода).



В горизонте А1А2 наибольшее количество общего гумуса, а также связанных с Са гуминовых (5,1%) и фульвокислот (5,5%), обнаружено в подзолистой песчаной на супесчаной морене почве под березняком чернично-разнотравным.

## Глава 5. Экологические свойства почв.

### 5.1 Вариабельность мощности лесных подстилок.

Почвенный покров лесных биогеоценозов отличается пространственным и временным варьированием свойств, вызванных изменчивостью компонентов биогеоценоза: биотическими и абиотическими. Огромную роль в генезисе лесных почв играет химический состав растительного опада листьев, хвои, отмирающих трав и кустарничков.

На каждой пробной площади изучалось парцеллярного строения растительного покрова, выделялись преобладающие типы напочвенной растительности (таб. 1).

Таб. 1. Значения мощности подстилок и подподстилочного горизонта под различными парцеллами напочвенной растительности, см.

Виды парцелл	Лесная подстилка			Подподстилочный горизонт		
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее
Березняк злаково-разнотравный (60 лет)						
Ландышевая	1	7	4,2	1	13	4,5
Злаково-разнотравная	1	8	3,1	1	8	4,4
Хвощово-сфагновая	1	4	2,3	1	7	3,9
Осинник злаково-разнотравный (50 лет)						
Злаково-разнотравная	0	1,5	0,5	1	19	11,4
Хвощовая	0	4	1,1	5	23	15,0
Мертвопокровная	0	2	1,0	10	22	16,7
Березняк чернично-разнотравный (60 лет)						
Черничная	2	14	4,6	1	7	2,6
Мертвопокровная	3	19	5,7	1	3	1,4
Осинник злаково-черничный (60 лет)						
Черничная	1	14	4,7	1	7	1,6
Мертвопокровная	3	10	5,1	1	4	1,7

Изучение пространственной вариабельности мощности подстилок показало, что наибольшая средняя мощность подстилки (5,7 см) - в мертвопокровной парцелле березняка чернично-разнотравного, наименьшая (0,5 см) - в злаково-разнотравной парцелле осинника злаково-разнотравного.

Следует отметить чёткую зависимость мощности подстилки от расположения точки взятия образца по отношению к кроне дерева. С удалением от ствола дерева мощность подстилки снижается, достигая своего минимума в межкрановом пространстве.

### 5.2 Вариабельность почвенных показателей.

Анализировались средние значения основных почвенных показателей (величина рН, содержание углерода и подвижных соединений фосфора и калия) в трех верхних генетических горизонтах, как для каждой пробной площади в целом, так и для каждой парцеллы.

Наибольшая вариабельность уровня кислотности (7%) в подстилке обнаружена в подзолистой песчаной почве березняка чернично-разнотравного, тогда как углерод (24,4%), фосфор (36,2%) и калий (35,2 %) более всего изменяются в подстилке подзолистой иллювиально-гумусово-железистой супесчаной почвы березняка злаково-разнотравного.

Следует отметить, что злаково-разнотравный тип растительности приурочен к наиболее нейтральной среде, в подстилке содержится меньшее количество подвижных соединений фосфора и калия по сравнению с другими парцеллами, однако в минеральных горизонтах их, напротив, больше (таб. 2).

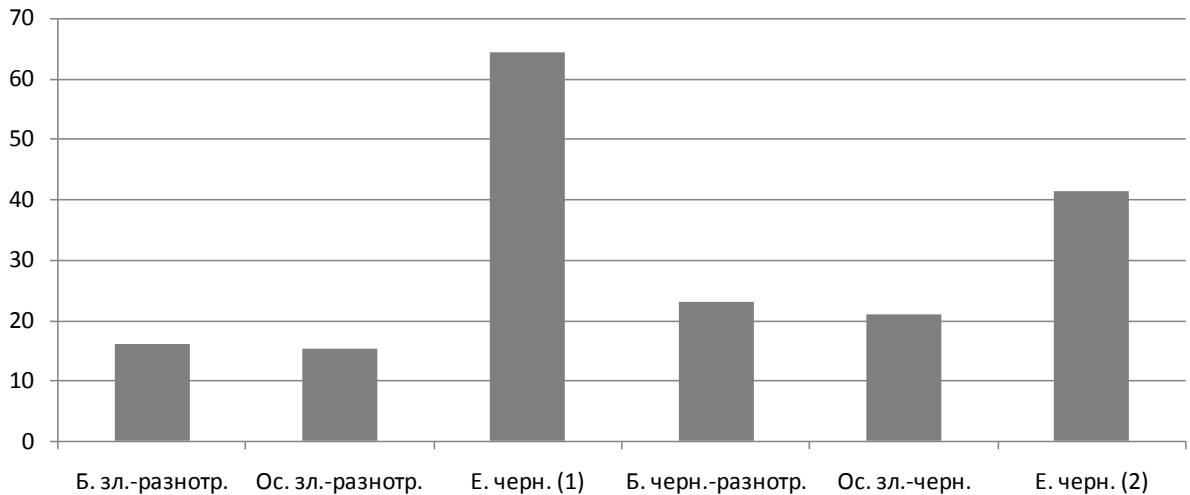
Таб.2. Средние значения почвенных показателей в горизонте А1А2 по траншеям.

Парцеллы	рН <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	рН <sub>(КСl)</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (мг/100г)	K <sub>2</sub> O (мг/100г)	С (%)
Березняк злаково-разнотравный (60 лет)					
Ландышевая	4,53	3,74	5,47	15,89	3,81
Злаково-разнотравная	4,79	4,01	15,82	21,77	3,80
Хвощово-сфагновая	4,29	3,57	8,71	16,89	5,71
Осинник злаково-разнотравный (50 лет)					
Злаково-разнотравная	5,78	4,89	20,50	11,60	3,42
Хвощовая	5,42	4,60	20,02	11,27	4,13
Мертвопокровная	5,00	4,13	19,92	9,24	3,49
Березняк чернично-разнотравный (60 лет)					
Черничная	3,81	2,97	5,88	22,31	4,01
Мертвопокровная	3,81	2,89	5,42	13,64	2,70
Осинник злаково-черничный (60 лет)					
Черничная	3,84	2,98	3,63	11,08	2,44
Мертвопокровная	3,88	2,95	5,11	17,92	2,30

Мертвопокровные парцеллы, как правило, более кислые и наименее богаты элементами питания в минеральной части почвы. Хвощовый тип растительности обеспечивает максимальное содержание углерода в двух верхних горизонтах почвы.

### 5.3 Запас элементов питания.

Повышенное содержание элементов минерального питания в лесной подстилке листовенных биогеоценозов обуславливается интенсивностью ее минерализации, о чем свидетельствует меньший запас подстилки в почвах березовых и осиновых древостоев, по сравнению с еловыми (рис. 5).

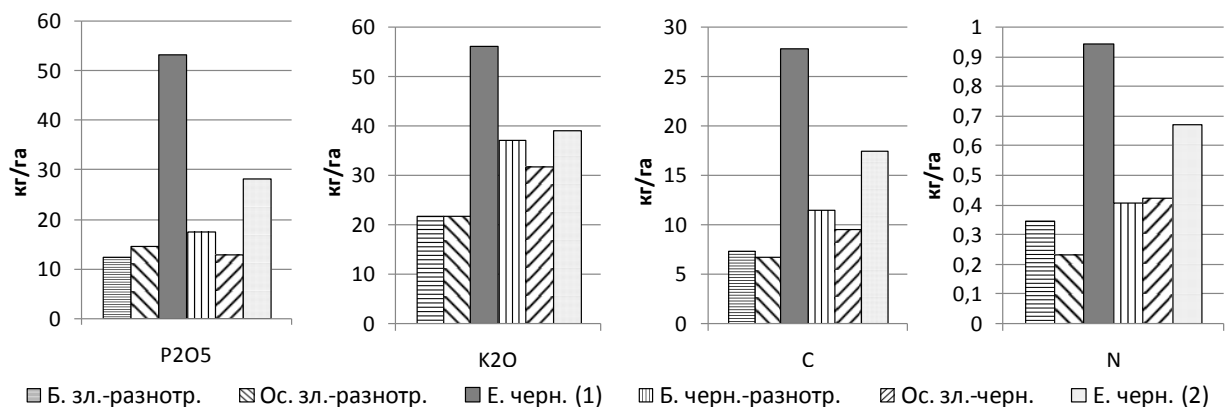


(1) - Ельник черничный, почва: элювиально-поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая на ленточных глинах. (2) - Ельник черничный, почва: подзолистая иллювиально-гумусово-железистая супесчаная на супесчаной морене.

Рис.5. Запас подстилок в лиственных и хвойных биогеоценозах

Характер накопления запаса подстилки зависит от породы древостоя: в лиственных лесах процессы разложения и минерализации подстилки протекают быстрее на почвах, сформировавшихся на ленточных глинах, тогда как в еловых лесах меньшее накопление подстилки происходит на почвах, сформировавшихся на супесчаной морене.

Рисунок 6 показывает существенное влияние запаса подстилки на запасы элементов питания, которые в подстилке под еловыми лесами значительно превышают запасы под лиственными лесами по всем определяемым элементам.



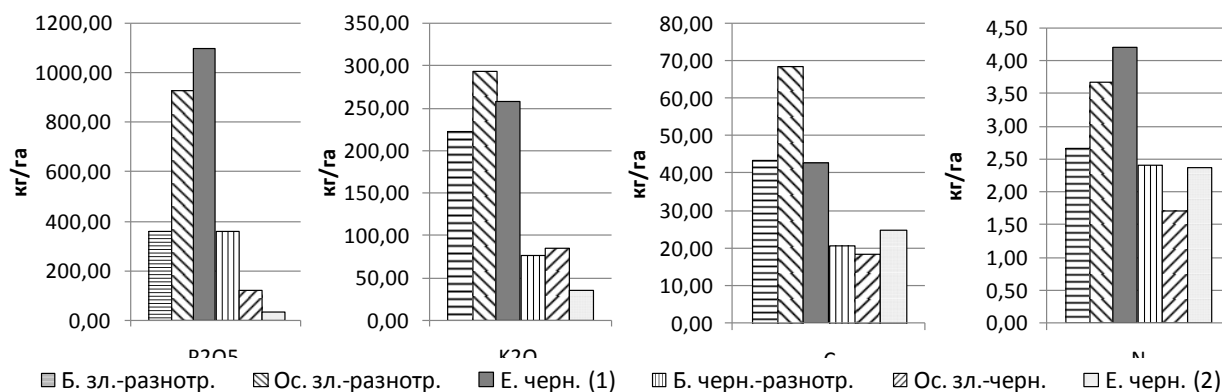
(1) - Ельник черничный, почва: элювиально-поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая на ленточных глинах. (2) - Ельник черничный, почва: подзолистая иллювиально-гумусово-железистая супесчаная на супесчаной морене.

Рис. 6. Запасы элементов питания в лесных подстилках.

Для более полной оценки почвенного плодородия изучаемых почв необходимо иметь представление о запасах элементов питания, как в органической, так и минеральной ее части. Для среднетаежной подзоны,

согласно Р.М. Морозовой (Морозова Р.М., Федоренко Н.Г., 1992), запасы минерального питания в наиболее корнеобитаемом 25-сантиметровом слое почвы являются наиболее показательными.

Анализ данных запасов минерального питания в 25-см слое почвы (рис. 7), показал, что в почвы, сформировавшиеся на ленточных глинах, богаче элементами минерального питания по сравнению с почвами, сформировавшимися на супесчаной морене, причем максимальные значения наблюдаются в элювиально-поверхностно-глееватых глинистых почвах.



(1) - Ельник черничный, почва: элювиально-поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая на ленточных глинах. (2) - Ельник черничный, почва: подзолистая иллювиально-гумусово-железистая супесчаная на супесчаной морене.

Рис. 7. Запас элементов питания в 25-см слое почв различных типов леса

В целом, почвы сформировавшиеся на ленточных глинах, богаче элементами минерального питания по сравнению с почвами, сформировавшимися на супесчаной морене, причем максимальные значения наблюдаются в элювиально-поверхностно-глееватых глинистых почвах. Влияние главной породы древостоя прослеживается только в подстилке и самых верхних горизонтах почв.

## Глава 6. Взаимосвязь лесобразующей породы и почвенных характеристик.

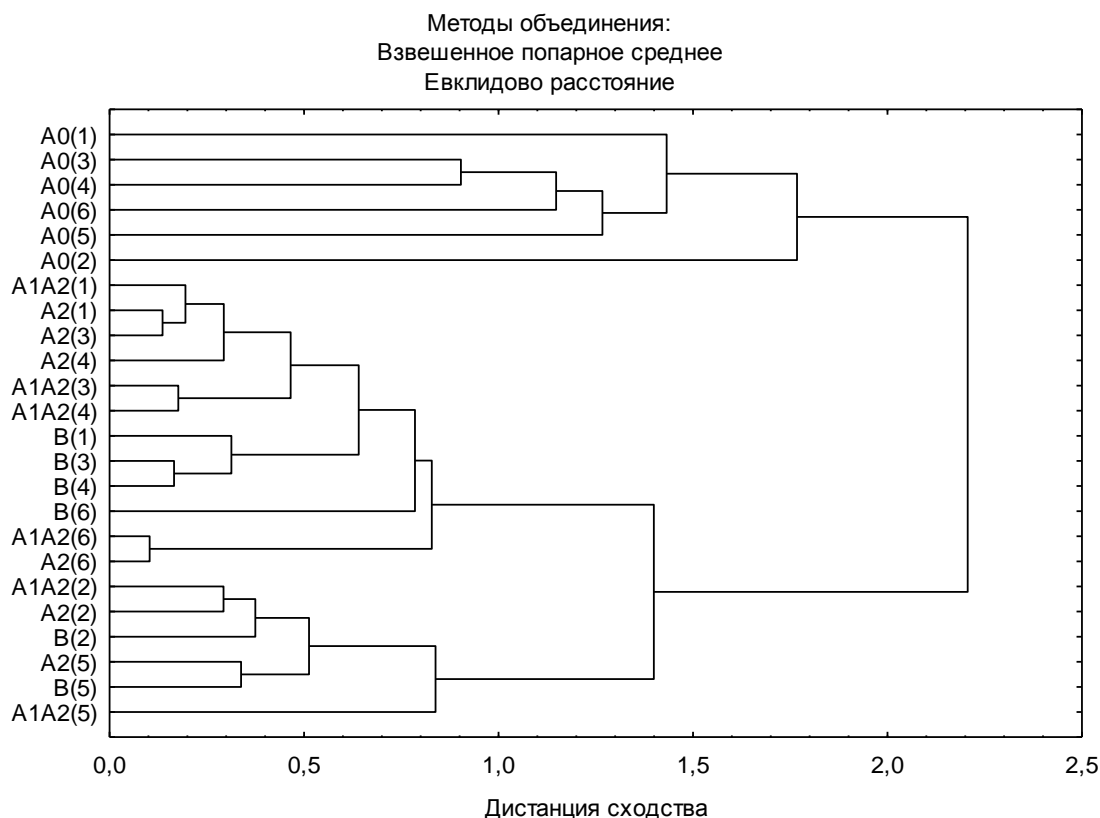
### 6.1 Кластерный анализ почвенных характеристик.

Полученная информация о почвах была сведена в массив данных. Объектами исследования выступали образцы лесной подстилки, переходного гумусово-элювиального, элювиального и иллювиального горизонтов каждой почвы. Использовались величины семнадцати почвенных параметров, из которых семь - физико-химические показатели почв, а десять являются показателями валового химического анализа. Данные подвергались нормировке, т.е. их размах от максимума к минимуму приводился к интервалу (0,1).

В качестве меры сходства применялось Евклидово расстояние (*Euclidean distances*):

$$d_{it} = \frac{1}{q} \left( \sum_{i=1}^q (x_{li} - x_{ti})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{где } q \text{ – число признаков; } l, t \text{ – номер объекта.}$$

Для объединения в кластеры был использован метод взвешенного попарного арифметического среднего (*weighted pair-group method using arithmetic averages*) (рис.8).



Здесь и далее:

- (1) подзолистая иллювиально-гумусово-железистая супесчаная на суглинках, переходящих в ленточные глины почва под березняком злаково-разнотравным;
- (2) элювиально-поверхностно-глееватая глинистая на ленточных глинах почва под осинником разнотравно-злаковым;
- (3) подзолистая песчаная на супесчаной морене почва под березняком чернично-разнотравным;
- (4) подзолистая супесчаная на супесчаной морене почва под осинником злаково-черничным;
- (5) элювиально-поверхностно-глееватая суглинистая на ленточных глинах почва под ельником черничным;
- (6) подзолистая иллювиально-гумусово-железистая супесчаная на супесчаной морене почва под ельником черничным.

Рис. 8. Результаты кластерного анализа свойств 4 верхних горизонтов почв 6 пробных площадей.

Анализ результатов позволяет сделать вывод, что наибольшее различие в химических и физико-химических характеристиках у изучаемых горизонтов почв наблюдается между подстилками и минеральными горизонтами. Несколько меньшее влияние оказывает различие типов почв. Третьим по значению фактором, влияющим на химические и физико-химические характеристики горизонтов почв стало различие горизонтов почв

под хвойными и лиственными лесами, что подтверждает гипотезу о взаимосвязи преобладающей породы древостоя и свойств почвы.

## 6.2 Факторный анализ почвенных характеристик.

Для дальнейшего изучения различия или сходства свойств исследуемых почв применялся факторный анализ. Как и в предыдущем анализе, каждый профиль был представлен 4 верхними горизонтами почвы. Использовались величины 17 почвенных параметров, из которых 7 - физико-химические показатели почв, а 10 являются показателями валового химического анализа. Таким образом, каждый профиль в конечном итоге описывался 68 параметрами (рис. 9). Данный анализ использовался с целью подтверждения выводов, сделанных при кластерном анализе, т.е. изучения вклада признаков в разделение почв и уменьшения количества признаков, описывающих профиль. Анализ включает в себя метод главных компонент и анализ главных факторов. Для расчетов главных компонент использовалась программа TAXON (Рожков В.А., 1989), пакет программ Statistica. Поскольку две первых компоненты суммарно объясняют 76% общей дисперсии, остановились именно на таком числе компонент.

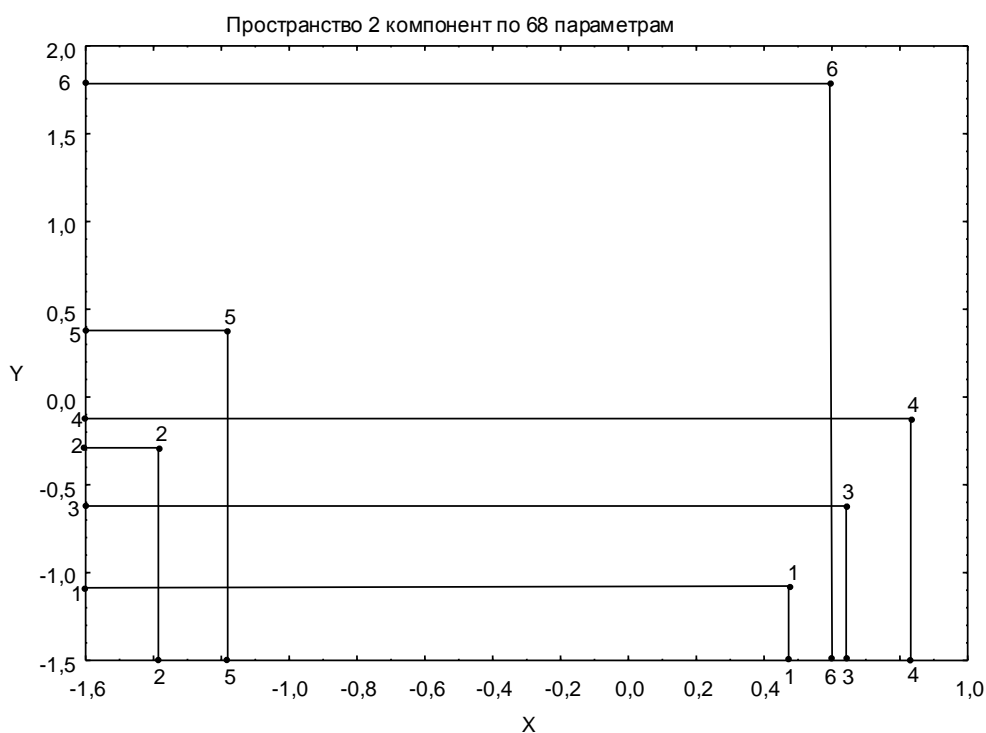


Рис. 9 Расположение профилей в пространстве 2 компонент по 68 параметрам.

Основной вклад в первую компоненту (X), объясняющую 54% общей дисперсии, вносят более 50 параметров, что затрудняет интерпретацию результатов. Проекция на эту компоненту показывает четкое разделение точек по типу почв на 2 компактные группы: элювиально-поверхностно-глееватые и подзолистые. Во второй компоненте (Y), объясняющей 21%

общей дисперсии, основное влияние оказывают 10 признаков. В расположении проекций точек на данную компоненту прослеживается следующая тенденция: в нижней части шкалы располагаются проекции точек (1) и (3), соответствующие почвам березняков. Несколько выше располагаются проекции точек (2) и (4), соответствующие почвам осинников. Проекция точек (5) и (6), соответствующие почвам ельников, приходится на верхнюю часть шкалы.

Таким образом, преобладающая порода является фактором, влияющим на распределение точек по данной компоненте. Закономерно, что 5 из 10 признаков, оказывающих значительное влияние на данную компоненту, отвечают показателям лесной подстилки.

По результатам анализа была произведена свертка пространства признаков до 6 ( $P_2O_5$ (подвижн),  $K_2O$ (подвижн), C, N,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ), комбинация которых показывала наибольшую взаимосвязь древесной породы с лесной подстилкой (рис. 10).

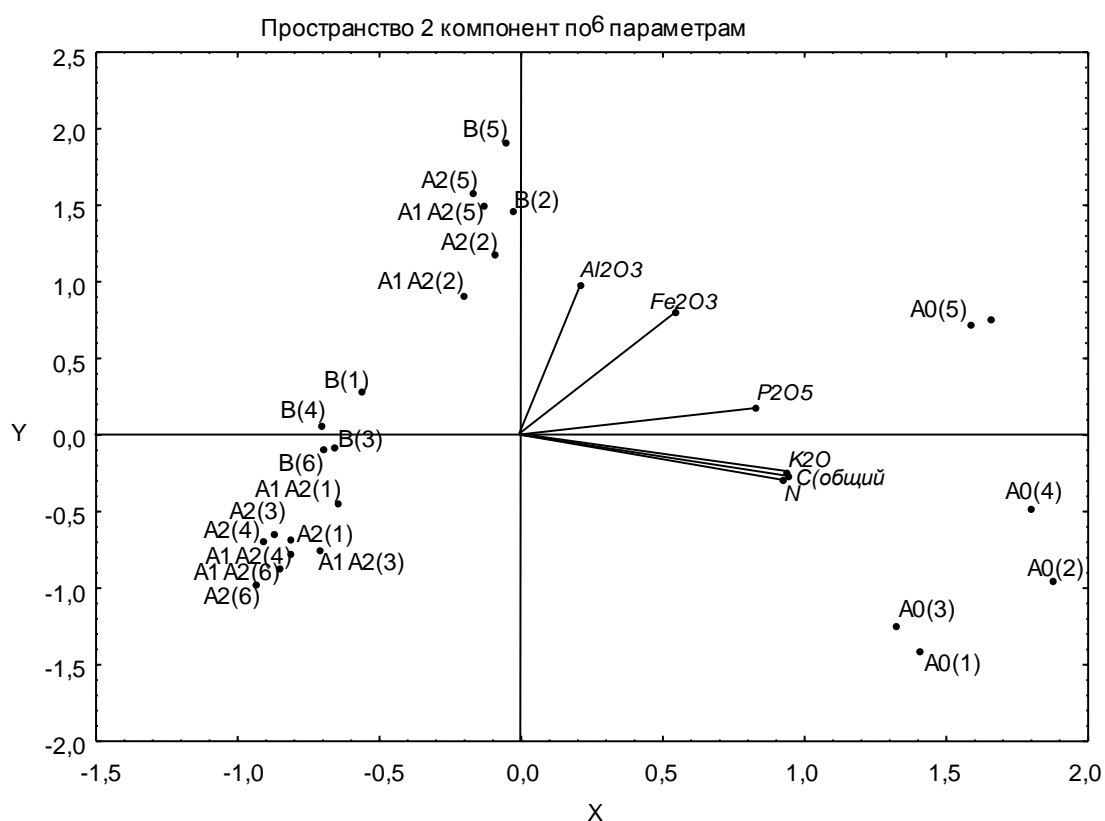


Рис. 10. Расположение горизонтов почв в пространстве 2 компонент по 6 параметрам.

Критериями отбора признаков служили наименьшие значения корреляции с другими признаками, информативность признаков, вклад в разделение точек по древесной породе в подстилке. На графике четко видно разделение точек A0 на 3 группы: A0(1), A0(3) (березняки); A0(2), A0(4) (осинники), A0(5), A0(6) (ельники).

Следующим шагом стало исключение точек, соответствующих лесным подстилкам и поиск аналогичного набора признаков для минеральных горизонтов (рис. 11). Взаимосвязь преобладающей древесной породы

прослеживается только с подподстилочным горизонтом. Наиболее диагностирующим взаимосвязь на почвы с древесной породой стал набор из 4 признаков ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ).

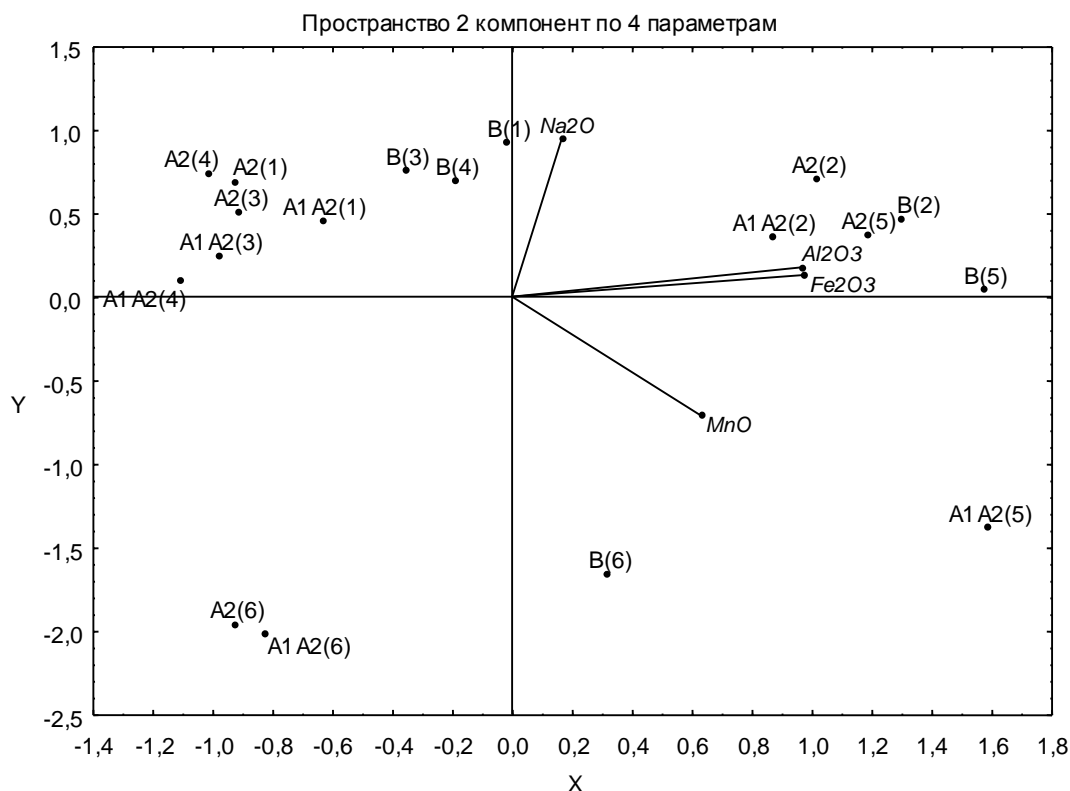


Рис. 11. Расположение горизонтов почв в пространстве 2 компонент по 4 параметрам.

### 6.3 Дискриминантный анализ влияния лесообразующей породы на почвенные характеристики.

Основная идея дискриминантного анализа заключается в том, чтобы определить, отличаются ли массивы данных по среднему какого-либо признака (или линейной комбинации признаков). Окончательным критерием значимости того, разделяет переменная две совокупности или нет, становится  $F$ -критерий (критерий Фишера).

Для анализа использовались величины 17 почвенных параметров, характеризующие 4 верхних горизонта каждой почвы. Целью анализа являлось выявление показателей, вносящих наибольший вклад в разделение как органических, так и минеральных горизонтов почв под древостоями различного породного состава.

Использовалось пошаговое включение переменных при условии критерия  $F=1$ . Результатом стал набор из 5 признаков ( $\text{pH}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ). Дискриминантная функция представлена двумя значащими корнями (Root1, Root2) (таб. 3) (рис. 12).



Таб. 3. Корни дискриминантной функции

	Root 1	Root 2
pH(H <sub>2</sub> O)	-6,76179	-0,525123
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,65745	-0,172594
Na <sub>2</sub> O	-2,66846	-0,978535
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,21634	-0,750193
Constant	4,69902	7,634174

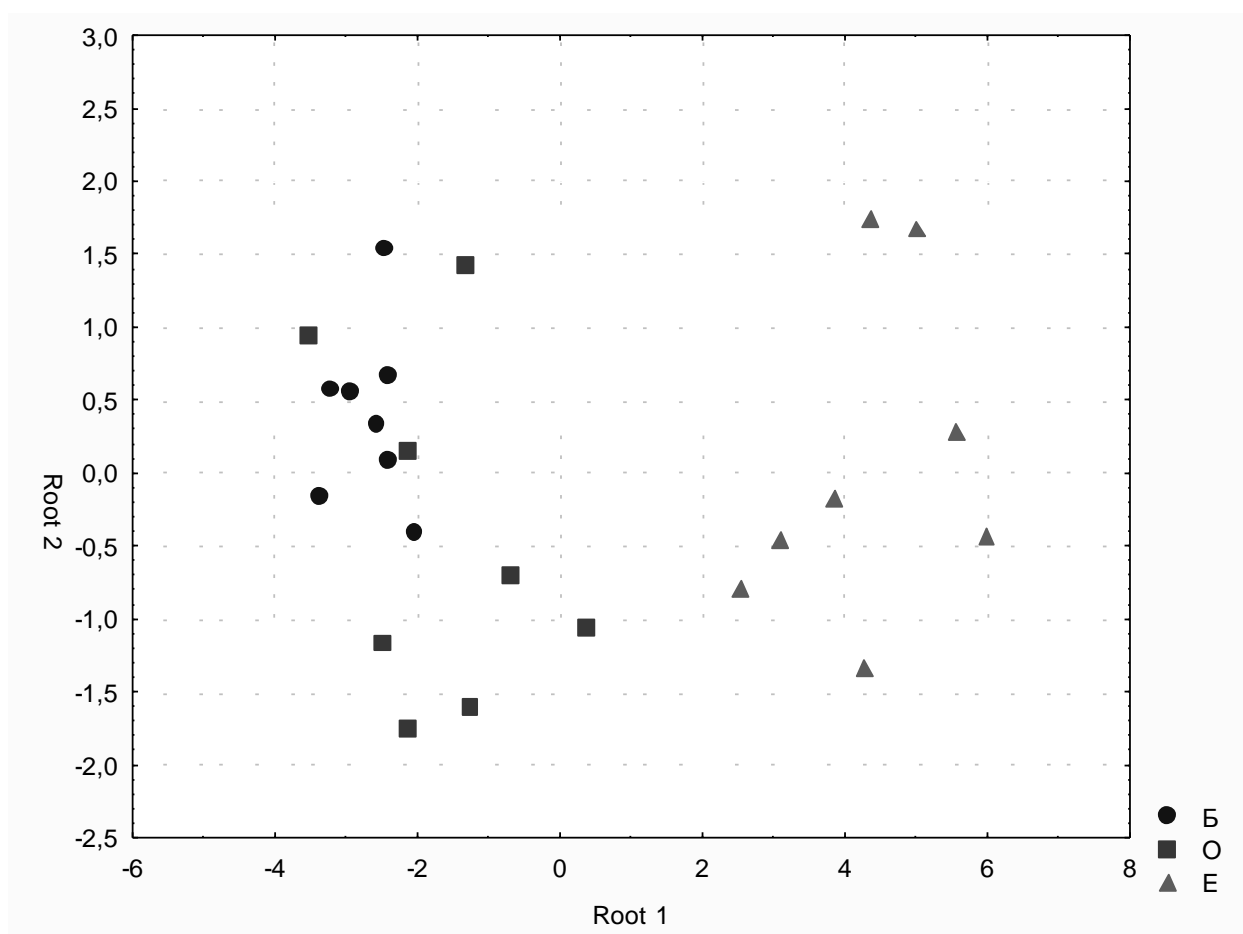


Рис. 12. Расположение горизонтов почв березовых (Б), осиновых (О) и еловых (Е) биогеоценозов в пространстве корней дискриминантной функции.

Таблица 4 показывает наибольшие расстояния Махаланобиса между почвами хвойных и лиственных древостоев.

Таб. 4. Расстояния Махалобиса между центроидами групп.

	Б	О	Е
Б	0,00	2,08	56,27
О	2,08	0,00	41,14
Е	56,27	41,14	0,00

(Б) – группа горизонтов почв березовых биогеоценозов; (О) группа горизонтов почв осиновых биогеоценозов; (Е) – группа горизонтов почв еловых биогеоценозов.

Из положения точек на графике (рис 12) видно, что именно первый корень дискриминантной функции вносит вклад в разделение почв хвойных и лиственных древостоев, тогда как второй указывает на разделение почв березовых и осиновых древостоев. Точки, соответствующие почвам березовых древостоев, также представляют собой компактную группу, однако к ним примыкают три точки, соответствующие минеральным горизонтам подзолистой супесчаной почвы под осинником злаково-черничным. Стоит отметить, что в составе древостоя (7Ос3Б) этой пробной площади присутствует довольно много березы. Таким образом, анализ показал достоверность модели 83,3%.

Четкое разделение групп почв под ельниками и лиственными древостоями подтверждает выводы, сделанные при кластерном и фракционном анализе.

#### *6.4 Анализ связи физико-химических свойств почв и характеристик напочвенного покрова.*

Целью данного анализа было выявление почвенных признаков, наиболее влияющих на развитие напочвенной растительности. Использовался траншейный метод исследования напочвенного покрова. В ходе анализа напочвенного покрова всех пробных площадей, были выделены 7 доминирующих видов растительности. Ими явились *Calamagrostis arundinacea* (Вейник тростниковый), *Majanthemum bifolium* (Майник двулистный), *Trientalis europaea* (Седмичник европейский), *Fragaria vesca* (Земляника), *Rubus saxatilis* (Малина), *Vaccinium myrtillus* (Черника) и *Melampyrum sylvaticum* (Марьянник лесной). В каждой точке отбора образцов сопоставлялись физико-химические свойства почв по 3 верхним горизонтам и данные по напочвенному покрову. Корреляция полученных массивов данных проводилась отдельно для средней высоты и проективного покрытия растений, а также произведения средней высоты и проективного покрытия растений. Для 6 из 7 видов растительности полученный результат явно указывает на показатель рН в качестве основного фактора влияния на рост и проективное покрытие травянистых растений. Наибольшие коэффициенты корреляции выявлены с величиной рН лесной подстилки. Корреляция общего проективного покрытия напочвенного покрова и общего количества видов также показала высокую зависимость от уровня рН.

## Выводы

- Сравнительный анализ показателей плодородия в почвах хвойных и лиственных лесов показал, что в целом почвы, сформировавшиеся на ленточных глинах, богаче элементами минерального питания по сравнению с почвами на супесчаной морене;
- Выявлено, что минеральные горизонты (особенно подзолистые) почв тяжелого гранулометрического состава в значительно большей степени обогащены углеродом (в 3 раза), калием (в 12 раз) и фосфором (в 30 раз), чем легкие почвы;
- В лесных подстилках почв, сформировавшихся на ленточных глинах, уровень кислотности выше в хвойных лесах;
- Благодаря богатому азотом и зольными элементами лиственному опаду, в подстилках лиственных биогеоценозов содержание углерода, азота и подвижных соединений калия выше, чем в еловых, как на супесчаной морене, так и на ленточных глинах;
- Более высокая интенсивность минерализации лиственного опада приводит к меньшему запасу подстилки в почвах березовых и осиновых древостоев по сравнению с еловыми;
- Несмотря на более высокие показатели содержания элементов питания в подстилках лиственных лесов, их запасы выше в подстилках еловых лесов;
- Органогенные горизонты почв лиственных лесов, содержащие большое количество свежего слаборазложившегося растительного опада, накапливают больше фульвокислот, тогда как в верхних минеральных горизонтах накопление гумуса приобретает фульватно-гуматный характер, что улучшает их лесорастительные свойства;
- В почвах под лиственными лесами в горизонтах A1A2 и B почв лиственных лесов в составе гуминовых и фульвокислот появляются фракции, связанные с кальцием, что также благоприятно сказывается на физико-химических свойствах почвы и ее плодородии. Наибольшее количество общего гумуса, а также связанных с Са гуминовых и фульвокислот, обнаружено в подзолистой супесчаной на супесчаной морене почве под осинником злаково-черничном;
- Методом кластерного анализа выявлено, что основными факторами, влияющими на различие химических и физико-химических характеристик почвенных горизонтов являются органогенность горизонта и тип почвы. Следующим по значению фактором является различие почв под хвойными и лиственными лесами, что подтверждает гипотезу о взаимосвязи преобладающей древесной породы и почвенных характеристик;

- Методом факторного анализа определено, что влияние преобладающей породы древостоя на химические и физико-химические характеристики почвы проявляется в большей степени в верхней части профиля. Наиболее подвержены данному влиянию лесные подстилки, в гораздо меньшей степени горизонты A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>, а в горизонтах В оно незначительно;
- Почвенные показатели, наиболее тесно взаимосвязанные с лесообразующей породой, различны для лесной подстилки и для горизонта A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>. Для подстилки – это главным образом элементы, отвечающие за минеральное питание растений (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sub>(подвижн)</sub>, K<sub>2</sub>O<sub>(подвижн)</sub>, С, N), а кроме того Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для горизонта A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> – это показатели общего содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, MnO. Как для подстилки, так и горизонта A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> это величины общего содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, влияющие на кислотно-щелочные свойства почв;
- Методом дискриминантного анализа определены общие для лесной подстилки и верхних минеральных горизонтов почвенные признаки, наиболее взаимосвязанные с лесообразующей породой: рН водной вытяжки, общее содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Na<sub>2</sub>O;
- Корреляционный анализ взаимосвязи химических и физико-химических почвенных показателей указал значимое влияние величины актуальной кислотности на проективное покрытие и высоту растений напочвенного покрова.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:**

### **Материалы съездов и конференций**

1. Солодовников А.Н. К вопросу оценки продуктивности лесных почв // Материалы 5-й Пущинской конференции молодых ученых "Биология - наука 21-го века". Пущино, 2001г., С.103.
2. Солодовников А.Н. Структура почвенного покрова мелколиственных лесов Карелии // Материалы IX международной конференции студентов и аспирантов "Ломоносов-2002". Москва, 2002г., С.290.
3. Солодовников А.Н. Формирование продуктивности почв под листовыми насаждениями среднетаежной подзоны Карелии // Материалы международной конференции «Экологические функции лесных почв в естественных и антропогенно- нарушенных ландшафтах», Петрозаводск, 2005, с. 153-154.
4. Солодовников А.Н. Влияние мелколиственных лесов на плодородие почв в среднетаежной подзоне Карелии // Материалы международной конференции: «Почва, как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем», Иркутск, 2006, С.334-335.
5. Солодовников А.Н. Вариабельность напочвенного покрова и свойств почв в березовых и осиновых древостоях.// Материалы международной конференции «Северная Европа в XXI веке: Природа, культура, экономика» Петрозаводск, 2006, С.201-203.
6. Солодовников А.Н. Влияние преобладающей древесной породы на свойства почв и напочвенный покров в среднетаежной подзоне Карелии // Материалы

- международной конференции «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты». С-Пб, 2007, С.514-517.
7. Солодовников А.Н. Исследования продуктивности почв лиственных лесов в среднетаежной подзоне // Материалы XV международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов – 2008», С. 119-120.
  8. Солодовников А.Н. Статистические исследования влияния древесной и напочвенной растительности на почвы среднетаежной подзоны республики Карелия // Материалы V Всероссийского Съезда Общества почвоведов, Ростов-на-Дону, 2008 г., С. 504
  9. Солодовников А.Н. Дискриминантный анализ влияния древесных пород на почвы в среднетаежной подзоне Республики Карелия // Материалы VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Петрозаводск, 2012

### **Статьи в журналах, сборниках и монографиях**

1. Солодовников А.Н. Пространственная вариабельность мощности лесных подстилок в мелколиственных лесах. // Сборник работ аспирантов и соискателей Института леса, Петрозаводск, 2002г., С.102-107.
2. Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Солодовников А.Н. Лесные почвы Карелии и оценка их продуктивности // Труды Карельского научного центра РАН, вып.5, Петрозаводск, 2003. С. 108-121.
3. Почвы и почвенный покров заповедника «Кивач» / Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Бахмет О.Н., Солодовников А.Н. // Труды Карельского научного центра РАН, Выпуск 10, Петрозаводск, 2006, 131-152.
4. Почвы хвойных и мелколиственных лесов / Федорец Н.Г., Солодовников А.Н., Мошкина Е.В., Преснухин Ю.В., Тимофеева В.В. // Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги, М.,Наука, 2006, С.98-146.
5. Пространственная изменчивость почв и почвенного покрова лесных биогеоценозов / Морозова Р.М., Солодовников А.Н., Ткаченко Ю.Н., Чех А.И. // Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги, М., Наука, 2006, С. 147-199.
6. Солодовников А.Н. Особенности генезиса почв под мелколиственными лесами в среднетаежной подзоне Карелии // Эколого-геохимические и биологические закономерности почвообразования в таежных лесных экосистемах, Петрозаводск, 2009, С. 45-67.

### **Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Солодовников А.Н. Пространственная изменчивость почвенного покрова в сосняке лишайниковом // Лесоведение, 2006, №3, С. 64-79.
2. Солодовников А.Н. Экологические свойства почв под лиственными и хвойными лесами в среднетаежной подзоне Северо-Запада России // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12046>. (дата обращения: 11.02.2014).